التعرف الذكي المتدرج إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة من منظور تآزر "الإنسان-الأرض-الصناعة"

تشن شيويانغ، يانغ جونيان، شاو ديان، تان منغيانغ

الكلمات المفتاحية
الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة؛ منظور تآزر "الإنسان-الأرض-الصناعة"؛ التعرف الذكي المتدرج؛ الاستجابة التخطيطية

الملخص
في مرحلة التنمية الحضرية القائمة على إعادة توظيف الرصيد القائم، تؤدي مساحات واسعة من الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة إلى هدر موارد أرضية نادرة. ومن ثم أصبح التعرف العلمي إلى الأراضي منخفضة الكفاءة ذات الوظائف المختلطة، وتخطيطها وحوكمتها، قضية مهمة في بحوث التخطيط الحضري وممارساته. تنطلق هذه الدراسة من منظور تآزر "الإنسان-الأرض-الصناعة" لتحليل مضمون التعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة، وتقترح طريقة ذكية متدرجة للتعرف إليها. تكشف الجولة الأولى، وهي تعرف أولي قائم على تركيبات الخصائص الهرمية، خصائص التدرج المكاني-الموقعي للأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة. وتكشف الجولة الثانية، وهي تعرف محسن قائم على تجميع الخصائص متعددة الأبعاد، أربعة أنواع من عناقيد خصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة". أما الجولة الثالثة، وهي تعرف دقيق قائم على التعلم العميق لبنية الرسم البياني، فتكشف التناقضات والصراعات في توزيع عناصر الموارد داخل وحدات الأراضي منخفضة الكفاءة. وتبين النتائج أن التعرف الذكي المتدرج يستطيع تحديد خصائص الأراضي منخفضة الكفاءة وآلياتها بدقة وعمق، ويوفر مسارا جديدا للحوكمة الدقيقة والاستجابة التخطيطية في المرحلة الجديدة.

المقدمة
مع دخول الصين مرحلة جديدة من التحضر يغلب عليها التخطيط القائم على الرصيد الحضري القائم، أصبح التعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة وإعادة استخدامها مسارا مهما لتحقيق تجديد المدن ورفع مستواها وإعادة تطويرها، كما أصبح إجراء رئيسيا لتحويل نمط النمو الاقتصادي الحضري. غير أن التعرف إلى هذه الأراضي ما زال يمثل صعوبة في ممارسة التخطيط [1]. ففي عام 2023 أصدرت وزارة الموارد الطبيعية إشعار تنفيذ العمل التجريبي لإعادة تطوير الأراضي منخفضة الكفاءة، واقترحت إجراء تجارب في 43 مدينة. وقد حفز ذلك المدن الكبرى في أنحاء الصين على تعميق البحث في الأراضي منخفضة الكفاءة وإصدار سياسات حوكمتها. لذلك أصبح السؤال عن كيفية التعرف الدقيق إلى الأراضي منخفضة الكفاءة المتنوعة والمعقدة داخل المدن، وكيفية صياغة استجابات تخطيطية علمية ومعقولة لها، قضية مهمة في مجال التخطيط المكاني الحضري.

1 إعادة التفكير في مضمون الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة وصعوبة التعرف إليها

1.1 المأزق القائم: تحول مضمون الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة
تحول تركيز التنمية الحضرية في الصين تدريجيا نحو تجديد المساحات الداخلية عالية الكثافة والمختلطة في المناطق المركزية ورفع جودتها [2]. وهذا يعني أن مضمون الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة يحتاج، على المستوى الاستراتيجي، إلى ترقية وتوسيع. فقد انتقل الفهم من تصور أحادي من أعلى إلى أسفل يركز على نسبة المدخلات إلى المخرجات في استخدام الأرض، إلى منظور من أسفل إلى أعلى يولي عناية أكبر للأداء المتمحور حول الإنسان، ويقيم جودة تنمية الأرض بدرجة أكبر من خلال المنافع الشاملة التي يحققها استخدامها للسكان الحضريين. ويساعد هذا التحول في تحويل الأصول القائمة في المدينة إلى تدفقات نقدية جديدة، كما يؤدي دورا مهما في إعادة رفع الحيوية الحضرية وتحقيق التنمية المستدامة [3].
وبناء على ذلك، لم يعد موضوع التعرف إلى الأراضي منخفضة الكفاءة مقتصرا على الأراضي الصناعية الطرفية أو القرى داخل المدن ذات الإمكانات العالية للعائد المالي والاقتصادي، بل يتجه تدريجيا نحو مساحات كبيرة من الأراضي المختلطة عالية الكثافة داخل المناطق المركزية، والتي تكون منافعها الشاملة منخفضة. وتتجلى تعقيدات هذه الأراضي، أولا، في تأثرها الكبير بالعوامل الموقعية، وثانيا في أنها تحمل عددا كبيرا من العناصر المتعددة مثل أنشطة السكان، والاقتصاد المكاني، والوظائف/الصناعات الحضرية، وما بينها من تداخلات معقدة [4]، وثالثا في تعقيد تركيب وحداتها الداخلية الدقيقة. لذلك تحتاج عملية التعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة في المرحلة الجديدة إلى طريقة أكثر إنسانية ودقة وذكاء بوصفها مكملا ضروريا.

1.2 طرائق التعرف السابقة إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة وخصائصها

غالبا ما استخدمت ممارسات التخطيط السابقة سمات سطحية مثل "قديم، فوضوي، رديء" كلمات مفتاحية للتعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة [5-6]. وتتبنى هذه الممارسات عادة منهجا من "علم النظم": إذ تبنى أولا منظومات مؤشرات لتقييم الأراضي الحضرية بحسب الوظائف المختلفة، مع ميل واضح إلى مؤشرات اقتصادية مثل الناتج لكل وحدة أرض، ثم تجمع بيانات متعددة لإجراء حسابات تحليلية مركبة، وأخيرا تتحقق النتائج وتعتمد [7]. وفي الوقت نفسه تعامل هذه الطرائق الأراضي الحضرية في المواقع المختلفة على قدم المساواة، متجاهلة أثر العوامل الخارجية الموقعية في كفاءة استخدام الأرض [8]. كما أن البيانات التي تتطلبها بطيئة التحديث وغير مكتملة التغطية، وبسبب التعرف بحسب الوظائف المختلفة يسهل أن تتحول العملية إلى منظور مشروع منفرد تقوده مشروعات عقارية، فتكون النتائج محلية ومحدودة الهدف [9].

وخلاصة الأمر أن الفهم الحالي لمضمون الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة ما زال محدودا، ولم يتشكل بعد تعريف موحد لمضمونه وامتداده. أما طرائق التعرف القائمة فهي في جوهرها نمط عمل "محاسبي" من أعلى إلى أسفل، تقوده إيرادات الأرض والضرائب ومؤشرات التقييم المحلية للحكومة، وتقيم الاستخدام الثلاثي الأبعاد للفضاء عبر مؤشرات اقتصادية ثنائية الأبعاد، بدلا من اتخاذ المنفعة الشاملة المتمحورة حول الإنسان لاستخدام الأرض الحضرية معيارا أساسيا للتقييم.

1.3 الصعوبات التقنية الرئيسية في ظل تحول المضمون

إن تحول المضمون يعني بالضرورة تحول المنهج. ففي السنوات الأخيرة، بدأت بحوث كثيرة في الصين وخارجها تستخدم بيانات ضخمة أكثر دقة وديناميةً للتعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة. فعلى سبيل المثال، حاول لين هاييوان وآخرون [10] استخدام بيانات أضواء الليل وجودة الهواء لتمثيل الخصائص الاجتماعية والاقتصادية للأرض ودراسة أثر العوامل الاجتماعية والاقتصادية في الأراضي منخفضة الكفاءة. وانطلق ليو شنغجون وآخرون [11] من أربعة توجهات قيمية، واختاروا ستة عشر عاملا تقييميا لبناء نموذج تعرف يراكب نتائج التقييم. واقترح Jin وآخرون [12] طريقة متكاملة تدمج بيانات متعددة المصادر عن المباني ونقاط الاهتمام والنقل والبيئة للتعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة ذات الوظائف السكنية والتجارية والصناعية. كما حاول Koroso وآخرون [13] استخدام بيانات الاستشعار عن بعد عالية الدقة لتحليل التحولات الزمانية والمكانية في كفاءة استخدام الأراضي الحضرية.

وعموما، ظهرت في الطرائق الحالية نزعة إلى استخدام بيانات حضرية ضخمة متعددة المصادر وأكثر دقة، وهو ما ينسجم مع توجه التخطيط المكاني الحضري نحو الحوكمة الدقيقة والدينامية. غير أن أغلب هذه الطرائق ما زالت محصورة في الأراضي أحادية الوظيفة، ولا تستطيع التعرف إلى الأراضي منخفضة الكفاءة ذات الوظائف المختلطة. كما تعتمد النتائج اعتمادا كبيرا على أوزان المؤشرات، بما يضعف صلاحية النتائج وقابليتها للتطبيق. وبناء على ذلك ترى الدراسة أن هناك ثلاث نواقص تقنية رئيسية تحتاج إلى معالجة مركزة.

أولا، لا تؤخذ فروق الشروط الموقعية للأراضي منخفضة الكفاءة بما يكفي من الاعتبار. فلا ينبغي قياس جودة تطوير الأراضي في المواقع الحضرية المختلفة بمعيار ثابت واحد. فإذا وجدت قطعتان تجاريتان متقاربتان في مؤشرات متعددة، فإن القطعة الواقعة في طرف المدينة قد تكون عالية الكفاءة، في حين ينبغي الحكم على القطعة الواقعة في مركز المدينة بأنها منخفضة الكفاءة إذا كانت منافعها الشاملة أدنى من الأراضي التجارية المجاورة لها.

ثانيا، يهمل التآزر والاقتران بين العناصر الداخلية للأرض منخفضة الكفاءة. فداخل الأراضي الحضرية توجد آثار تآزرية بين النظم الفرعية. أما الطرق الشائعة حاليا فتدمج المؤشرات ثم تصدر حكما موحدا، من غير أن تراعي التفاعلات وآثار التآزر بين نظم العناصر المختلفة داخل الأرض أو بين أصغر وحداتها. والواقع أن سبب انخفاض كفاءة الأرض الحضرية هو سوء مواءمة عناصر الموارد الداخلية، وهو ما يسبب صراعات وتناقضات في تشغيل النظام.

ثالثا، يصعب التعرف الدقيق إلى الأراضي منخفضة الكفاءة على مستوى أصغر وحدة أرضية. فالأحياء المختلطة الاستخدام في المناطق المركزية تتكون عادة من عدد من أصغر وحدات الأرض. ومن ثم فإن السؤال عن كيفية التعرف، بعد التحديد الأولي للأرض منخفضة الكفاءة، إلى أصغر وحدات الأرض منخفضة الكفاءة داخلها، وكيفية تفسير آلية عدم الكفاءة الداخلية، ما زال يحتاج إلى بحث أعمق.

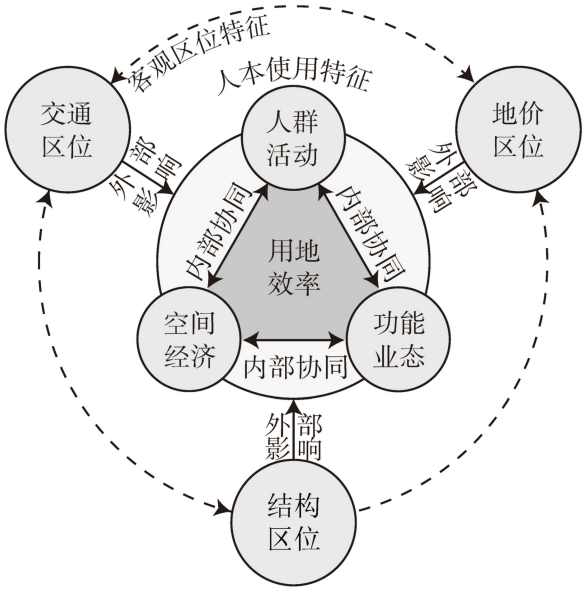
2 مضمون التعرف الذكي المتدرج إلى الأراضي منخفضة الكفاءة وتحسين الطريقة

2.1 تحليل مضمون التعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة من منظور تآزر "الإنسان-الأرض-الصناعة"

يتطلب تقييم جودة تطوير الأراضي المختلطة عالية الكثافة في المناطق المركزية أولا النظر في العوامل الخارجية المكانية للموقع. فالكفاءة النسبية للأرض الحضرية تتأثر بوضوح بالشروط الموقعية الموضوعية، بما في ذلك موقع النقل، وموقع سعر الأرض، والموقع البنيوي. لذلك ينبغي أن يقوم تقييم الأراضي منخفضة الكفاءة على تدرج للشروط الموقعية الموضوعية المتباينة، ثم ينظر في المنافع

الشاملة لاستخدام الأرض الحضرية من منظور الاستخدام المتمحور حول الإنسان، عبر ثلاثة نظم: أنشطة السكان، والاقتصاد المكاني، والوظائف/الصناعات.

وتجدر الإشارة إلى أن التطور عالي الجودة للمنافع الشاملة للأرض من منظور تآزر "الإنسان-الأرض-الصناعة" لا يعني فقط أن القيمة الشاملة لكل نظام فرعي داخل الأرض تبلغ مستوى عاليا نسبيا، بل يعني أيضا أن عناصر الموارد بين النظم الفرعية موزعة على نحو عقلاني ومقترنة بتآزر [14]، بحيث تصل كفاءة استخدام الأرض إلى المستوى الأمثل للنظام، أي إلى تنمية عالية الجودة ومتآزرة بين نظم "الإنسان" و"الأرض" و"الصناعة" (الشكل 1).



الشكل 1 مضمون التعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة من منظور تنسيق "الإنسان-الأرض-الصناعة"

ومن هذا المنظور، يمكن تعريف الأراضي منخفضة الكفاءة بأنها الأراضي التي، ضمن الدرجة الموقعية نفسها، تعاني نظمها الفرعية الداخلية الخاصة بـ"الإنسان-الأرض-الصناعة" من سوء مواءمة في الموارد، فتنتج عن ذلك صراعات وتناقضات تؤدي إلى انخفاض الكفاءة الكلية للأرض [15]. فمثلا، قد تقع أرض مختلطة يغلب عليها السكن في مركز المدينة، ويحيط بها تدفق عال للسكان، لكنها تصبح بسهولة "منطقة ظل" خامدة في المركز الحضري إذا كان معامل بنائها الإجمالي منخفضا وكانت تفتقر إلى تكوين وظيفي/صناعي كاف [16]. كما أن صراع النظم الفرعية الداخلية يظهر أيضا في عدم معقولية التخطيط المكاني والوظيفي لوحدات الأرض الداخلية، وهو ما يخفض كفاءة النظام ككل. فعلى سبيل المثال، قد تكون أرض يغلب عليها النشاط التجاري منخفضة الكفاءة لأن وجود قطعة تعليمية لمدرسة ابتدائية أو ثانوية داخلها يسبب تداخلا وتعطيلا متبادلا. وتشكل قابلية قياس خصائص الموقع وخصائص نظام "الإنسان-الأرض-الصناعة"، ووضوح حدود أصغر وحدة أرضية ذات حق ملكية، ودقة دعم البيانات الضخمة الخاصة بهذا النظام، الأساس الموضوعي لإمكان التعرف الدقيق إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة.

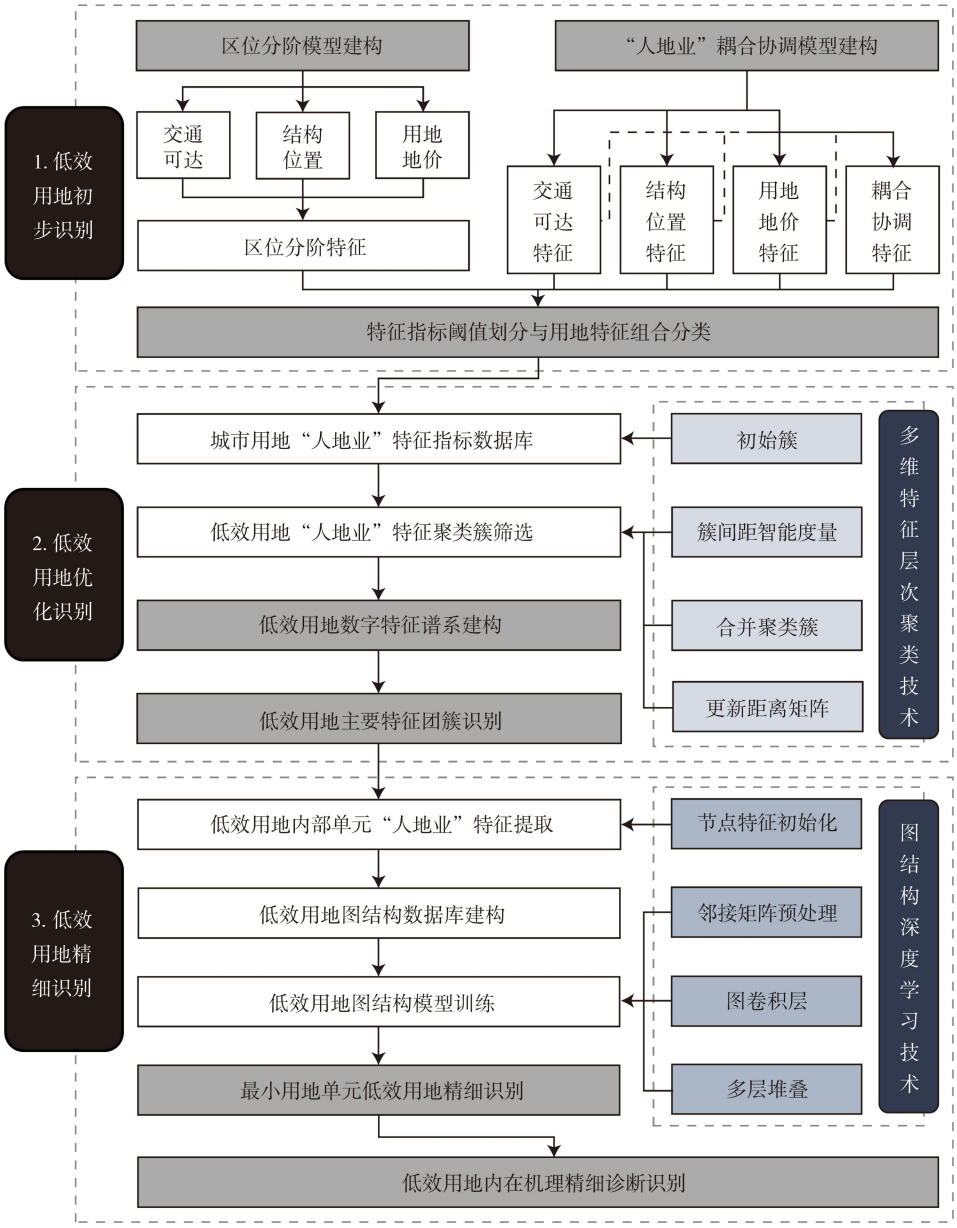
2.2 التعرف الذكي المتدرج: تحسين المسار المنهجي للتعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة

استنادا إلى الأسس النظرية والموضوعية للتعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة، تقترح هذه الدراسة طريقة تعرف ذكية متدرجة من منظور تآزر "الإنسان-الأرض-الصناعة". ويقصد بالتعرف الذكي المتدرج ثلاثة مستويات للتعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة؛ فمع تقدم مستوى التعرف من منظور التآزر، ترتفع دقة التعرف وعمق التحليل تدريجيا (الشكل 2).

أولا، يبنى نموذج لتدرج موقع الأرض الحضرية ونموذج للتنسيق الاقتراني بين نظم "الإنسان-الأرض-الصناعة"، لقياس خصائص التدرج الموقعي للأرض، وخصائص النظم الفرعية الثلاثة، ودرجة الاقتران والتنسيق بينها. وباستخدام تقسيم العتبات وتركيب الخصائص عبر المؤشرات، يتم التعرف الأولي إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة على المستوى الكلي.

ثانيا، بناء على حساب مؤشرات خصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة"، تستخدم خوارزميات ذكية لتجميع خصائص الأرض الفرعية وفرزها، ثم تدمج مع نتائج الجولة الأولى لبناء طيف رقمي لخصائص الأراضي منخفضة الكفاءة. وتستطيع عناقيد الخصائص

المستخرجة عبر تجميع المؤشرات الفرعية أن تكشف خصائص جديدة في بيانات "الإنسان-الأرض-الصناعة"، وأن تحسن حدود عتبات التعرف، بحيث تجعل الجولة الثانية أكثر دقة وتحسينا مع الحفاظ على قابلية تفسير النتائج.
ثالثا، بالنسبة إلى أصغر وحدات الأرض داخل الأراضي منخفضة الكفاءة، تستخرج خصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة" وتحول إلى بيانات ذات بنية رسم بياني. ثم يستخدم نموذج الشبكات العصبية الرسومية لتصنيف الأراضي الداخلية المفصلة، والتعرف الدقيق إلى الوحدات منخفضة الكفاءة في أصغر مقياس أرضي. وعلى هذا المقياس، يزداد التركيز على آثار التآزر بين وحدات الأرض في الوظيفة والفضاء، وهو أمر مهم خاصة لتفسير الآليات الداخلية لانخفاض الكفاءة.



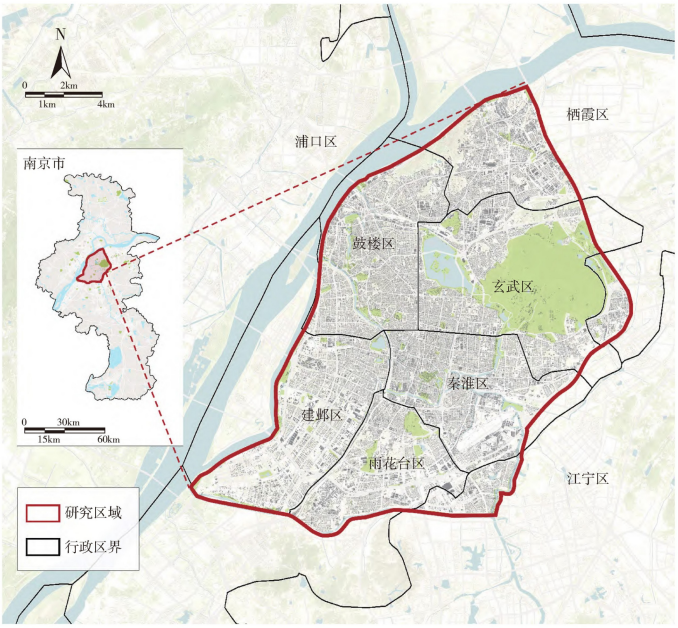
الشكل 2 الإطار المنهجي للتعرف الذكي الهرمي إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة من منظور تآزر "الإنسان-الأرض-الصناعة"
في جوهره، يمثل التعرف الذكي المتدرج فكرا لتوزيع عناصر الموارد الحضرية بدقة من منظور متمحور حول الإنسان. فمن خلال رفع دقة التعرف وعمقه تدريجيا، يمكن التعرف بذكاء إلى خصائص سوء مواءمة عناصر الموارد وآليات عدم الكفاءة على المقياس الدقيق. فمن جهة، يحتاج التعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة إلى مراعاة خصائص متعددة الأبعاد ومتعددة المقاييس، ويستطيع التعرف المتدرج أن يفكك هذه المشكلة المعقدة إلى طبقات، بما يساعد على التغذية الراجعة والتصحيح بين المستويات، ويرفع الدقة

والصرامة تدريجيا. ومن جهة أخرى، يتسم موضوع التعرف في ظل المضمون الجديد بتشابك معقد بين عناصر متعددة، ويمكن لإدخال التقنيات الذكية أن يكشف خصائص منخفضة الكفاءة يصعب على البشر التعرف إليها مباشرة.

3 بناء البيانات والنماذج المنهجية

3.1 نطاق الدراسة والبيانات

تتخذ هذه الدراسة المنطقة المركزية في مدينة نانجينغ مجالا للبحث. وتبلغ مساحة هذه المنطقة 312.5 كيلومتر مربع، وتشمل أساسا أحياء غولو وتشينهواي وشيوان وو وجيانيه، إضافة إلى أجزاء من أحياء يوهوا تاي وتشيشيا وجيانغنينغ داخل الطريق الدائري [17]. وباعتبار نانجينغ مدينة كبرى على مستوى عاصمة مقاطعة ومهمة في دلتا نهر اليانغتسي، فإن منطقتها المركزية ناضجة نسبيا. غير أنه في سياق تحسين جودة الرصيد القائم، توجد داخلها مساحات كبيرة من الأراضي منخفضة الكفاءة تحتاج إلى التعرف إليها وتجديدها. لذلك فإن اختيار المنطقة المركزية في نانجينغ مجالا للدراسة يحمل ضرورة عملية وقيمة مرجعية (الشكل 3).



الشكل 3 منطقة الدراسة ونطاقها

تتضمن بيانات البحث بيانات خدمة الموقع المتنقل (LBS) ليوم عمل واحد في عام 2023 ضمن المنطقة المركزية في نانجينغ، وبيانات متجهات المباني، وبيانات نقاط الاهتمام (POI)، وبيانات الطرق، وبيانات أسعار المساكن، وبيانات استخدام الأرض. وقد حصلت الدراسة على بيانات LBS بالشراء من المشغلين، وتتضمن المعلومات معرفات مستخدمي الهواتف بعد إخفاء الهوية، ومعلوماتهم الزمنية والمكانية. أما متجهات المباني والطرق واستخدام الأرض فحصلت عليها من OpenStreetMap، وجمعت بيانات POI من خريطة Amap، وجمعت بيانات أسعار المساكن من موقع Lianjia. وجميع البيانات تعود إلى عام 2023.

3.2 بناء نموذج تدرج الموقع

تتحدد الخصائص الموقعية الموضوعية للأرض الحضرية أساسا من خلال قابلية الوصول المرورية، والمركزية البنيوية، وخصائص توزيع أسعار الأرض في شبكة البنية الحضرية [18]. لذلك تستخدم هذه الدراسة هذه المؤشرات الثلاثة لقياس الخصائص الموقعية الموضوعية. وتحسب قابلية الوصول المرورية وخصائص المركز البنيوي باستخدام برمجيات نحو الفضاء، ثم تسند إلى وحدات الأرض عبر الاستيفاء المرجح عكسيا بالمسافة. أما خصائص أسعار الأرض فتحسب من متوسط أسعار المساكن داخل وحدة الأرض (الجدول 1). وبعد تطبيع المؤشرات الثلاثة تقاس الخاصية الموقعية الشاملة للأرض الحضرية كما يلي:

$$Li = (Ti + Ni + Pi) / 3$$

حيث تمثل `Ti` خاصية قابلية الوصول المرورية لوحدة الأرض `i`، وتمثل `Ni` خاصية الموقع البنيوي، وتمثل `Pi` خاصية سعر الأرض، وتمثل `Li` الخاصية الموقعية الشاملة. ونظرا إلى أن تأثير المؤشرات الثلاثة في موقع الأرض الحضرية يعد متساويا في الأهمية، يعطى كل معامل قيمة 3/1. ثم تستخدم طريقة الفواصل الطبيعية لتقسيم قيمة `L` إلى أربعة مستويات: المنطقة الأساسية، والمنطقة شبه الأساسية، والمنطقة العامة، والمنطقة الطرفية.

特征指标	计算公式	说明
交通可达特征 T	$\sum_{y \in R_x} \frac{p(y)}{d(x,y)}$	$p(y)$为搜索半径R内节点y的权重，$d(x,y)$为节点y到y的最短拓扑
结构位置特征 N	$\sum_{y \in N} \sum_{z \in R_y} OD(y,z,x) \frac{p(z)}{Links(x)}$	$OD(y,z,x)$为搜索半径R内通过节点y与节点y之间的最短拓扑距离
用地地价特征 P	$\sum \frac{Sum_{p_i}}{n}$	p_i为房价兴趣点的价格，n为用地内房价兴趣点的数量

الجدول 1 مؤشرات الخصائص الموقعية للأراضي الحضرية

3.3 بناء نموذج التنسيق الاقتراني لـ"الإنسان-الأرض-الصناعة"

تنطلق هذه الدراسة من منظور الاستخدام المتمحور حول الإنسان للأرض الحضرية، وتبني منظومة مؤشرات لخصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة" تتكون من ثلاثة نظم: أنشطة السكان، والاقتصاد المكاني، والوظائف/الصناعات [19]، وتقيسها باستخدام بيانات ضخمة متعددة المصادر (الجدول 2). وفي نظام أنشطة السكان، تحسب كثافة نقاط تدفق السكان في الصباح وبعد الظهر والليل خلال يوم عمل، لتمثيل النشاط السكاني طوال اليوم. وفي نظام الاقتصاد المكاني، تستخدم خصائص تطوير المباني وتمثيلها، وتشمل معامل المسطح الطابقي، وكثافة البناء، ومتوسط ارتفاع المباني. أما في نظام الوظائف/الصناعات، فتوضع المؤشرات من جوانب وظائف الإنتاج والتجارة والخدمات العامة التي تستطيع الأرض الحضرية توفيرها، بما يعوض قصور التعرف التقليدي إلى الأراضي منخفضة الكفاءة الذي يركز فقط على وظيفة الإنتاج الاقتصادي.

وتجدر الإشارة إلى أنه بسبب الارتباط القوي بين عناصر النظم الحضرية على مساحة الأرض، تختار الدراسة، في نموذج التنسيق الاقتراني لـ"الإنسان-الأرض-الصناعة"، الأحياء/الكتل الحضرية المحاطة من جهاتها الأربع بطرق حضرية بوصفها وحدات بحث. أما سمة النموذج المتدرج فهي أنه يبني أولا طيفا رقميا لخصائص الأراضي منخفضة الكفاءة على مستوى الكتلة الحضرية، ثم يتعرف بدقة إلى أصغر وحدات الأرض منخفضة الكفاءة داخلها.

ومن خلال تطبيع مؤشرات كل نظام ودمجها بطريقة الوزن الإنتروبي، توحد أبعاد البيانات متعددة المصادر، ثم تستخرج المؤشرات الشاملة للأنظمة الثلاثة: أنشطة السكان، والاقتصاد المكاني، والوظائف/الصناعات. وبعد ذلك تقاس درجة اقتران نظام استخدام الأرض:

*Ci = 3 * (Vi * Si * Fi)^(1/3) / (Vi + Si + Fi)*

وبحسب الأدبيات القائمة، تقسم قيمة درجة الاقتران `C` إلى أربعة مجالات: `(0, 0.3]` للاقتران منخفض المستوى، و`(0.3, 0.5]` لمرحلة التضاد، و`(0.5, 0.8]` لمرحلة التلاؤم، و`(0.8, 1]` للاقتران عالي المستوى [20].

تركز درجة الاقتران أساسا على الترابط والاعتماد بين النظم المختلفة، أما درجة التنسيق الاقتراني فتضيف إلى ذلك تقييما شاملا لجودة التآزر بين النظم. لذلك يعتمد رفع كفاءة الأرض الحضرية بدرجة أكبر على تعزيز درجة التنسيق الاقتراني [21]. وتقاس درجة التنسيق الاقتراني بين نظم "الإنسان-الأرض-الصناعة" كما يلي:

*Di = (Ci * Ti)^(1/2)*

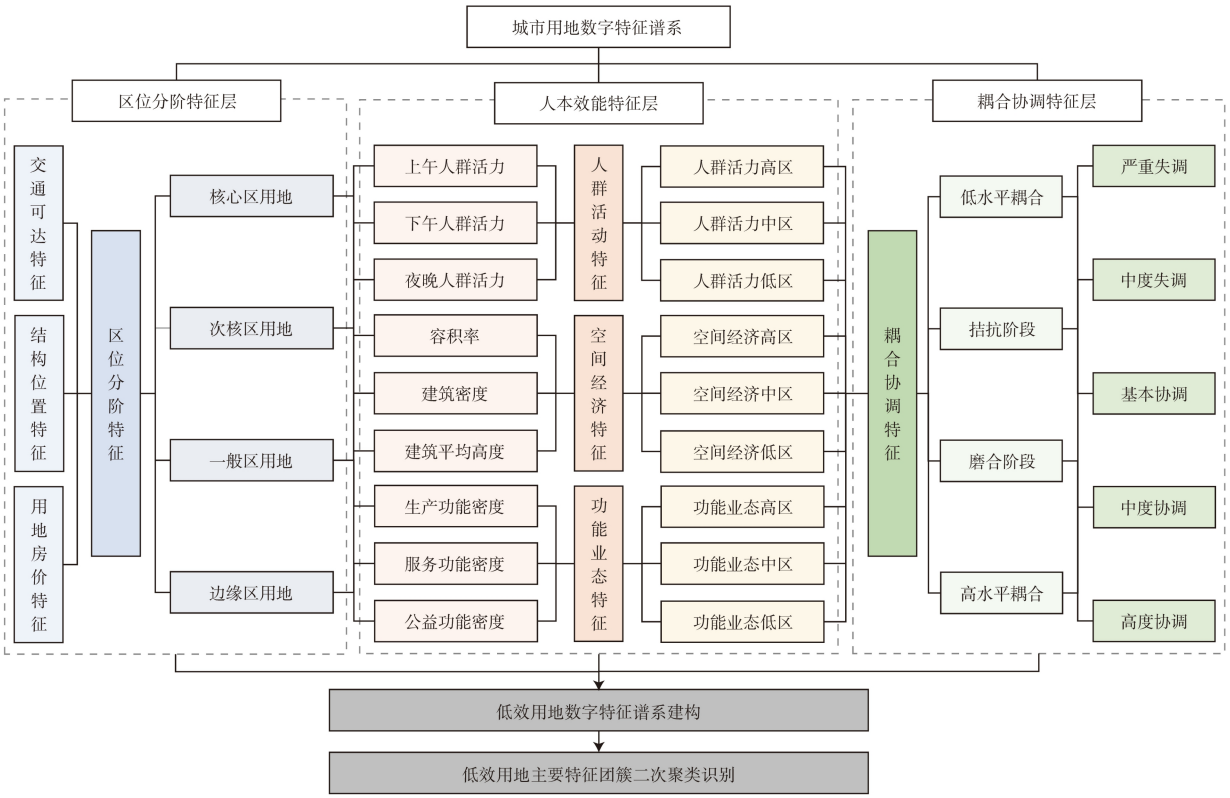
حيث `Ti = alpha Vi + beta Si + gamma Fi`. وبالنظر إلى أن كل نظام فرعي من نظم "الإنسان-الأرض-الصناعة" يؤثر في نظام استخدام الأرض الحضرية بأهمية متساوية، تعطى المعاملات `alpha` و`beta` و`gamma` كلها قيمة 3/1. وبالاستناد إلى الأدبيات ذات الصلة، تقسم قيمة درجة التنسيق الاقتراني `Di` إلى خمسة مجالات: `(0, 0.4]` لاختلال شديد، و`(0.4, 0.5]` لاختلال متوسط، و`(0.5, 0.6]` لتنسيق أساسي، و`(0.6, 0.7]` لتنسيق متوسط، و`(0.7, 1]` لتنسيق عال [22]. ومن خلال قياس درجة التنسيق الاقتراني بين النظم الفرعية الثلاثة، يمكن كميا التعرف إلى درجة التآزر والصراعات والتناقضات بين النظم، بما يتيح تحليلا أوليا للآلية الداخلية لتشكل الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة.

特征维度	特征指标	计算公式	说明
人群活动系统 V	上午人群活力 V_1	Sum_{T1_i}/A	T_{1i}、T_{2i}、T_3 分别为工作日 6—12时、12—18时、18—24时用地单元内的手机信令点，A 为用地单元的面积
	下午人群活力 V_2	Sum_{T2_i}/A	
	夜晚人群活力 V_3	Sum_{T3_i}/A	
空间经济系统 S	容积率 S_1	$\frac{\sum_{i=1}^{n} A_i}{A}$	A_i 为用地单元内建筑单体的建筑面积，S_i 为用地单元内建筑单体的占地面积，H_i 为用地单元内建筑单体的高度，A 为用地单元的面积，n 为用地单元内建筑单体的数量
	建筑密度 S_2	$\frac{\sum_{i=1}^{n} S_i}{A}$	
	建筑平均高度 S_3	$\frac{\sum_{i=1}^{n} H_i}{n}$	
功能业态系统 F	生产功能密度 F_1	Sum_{S_i}/A	S_i 为用地单元内的生产功能兴趣点，O_i 为用地单元内的商业功能兴趣点，P_i 为用地单元内的公服功能兴趣点，A 为用地单元的面积
	商业功能密度 F_2	Sum_{O_i}/A	
	公服功能密度 F_3	Sum_{P_i}/A	

الجدول 2 منظومة مؤشرات خصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة" في الأراضي الحضرية

3.4 بناء الطيف الرقمي لخصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة"

تتمثل الوظيفة الأولى للطيف الرقمي لخصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة" في إعادة بناء الخصائص متعددة الأبعاد للأراضي الحضرية في المنطقة المركزية على هيئة طيف رقمي، لتشكيل تصنيف رقمي منهجي لخصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة" في الأراضي الحضرية. وعلى مستوى الطريقة، تستدعي الدراسة خوارزمية التجميع الهرمي في مكتبة Scikit-learn بلغة Python [23]، لتجميع أصغر الخصائص الفرعية لكتل الأرض الحضرية في طبقات التدرج الموقعي، والأداء المتمحور حول الإنسان، والتنسيق الاقتراني. وباتخاذ كل كتلة أرضية وحدة للتحليل، يدمج النموذج العناقيد تكراريا من أسفل إلى أعلى لبناء شجرة تجميع [24]، ثم يخرج طيفا رقميا لأنواع خصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة" في الأراضي الحضرية (الشكل 4).



ترجمة عربية أكاديمية

الشكل 4 بناء الطيف الرقمي لخصائص الأراضي منخفضة الكفاءة من منظور تآزر "الإنسان-الأرض-الصناعة"

تكمن الوظيفة الأساسية للطيف الرقمي في فرز عناقيد الأراضي منخفضة الكفاءة ضمن الطيف الرقمي، ودمجها تكامليا مع نتائج التعرف الأولي، لتحقيق الجولة الثانية من التعرف المحسن. فالتعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة هو في جوهره مسألة علمية للتصنيف الدقيق. ومن خلال التجميع الهرمي لأصغر مؤشرات الخصائص التصنيفية وبناء الطيف الرقمي، يستطيع التعرف المحسن في الجولة الثانية أن يعيد فهم الأراضي منخفضة الكفاءة على المستويين الكلي والجزئي، وأن يكشف الروابط الكامنة بين خصائص هذه الأراضي، ليحقق تعريفا أكثر دقة وتحسينا مقارنة بنتائج التعرف الأولي.

3.5 بناء نموذج التعرف الدقيق إلى وحدات الأراضي منخفضة الكفاءة

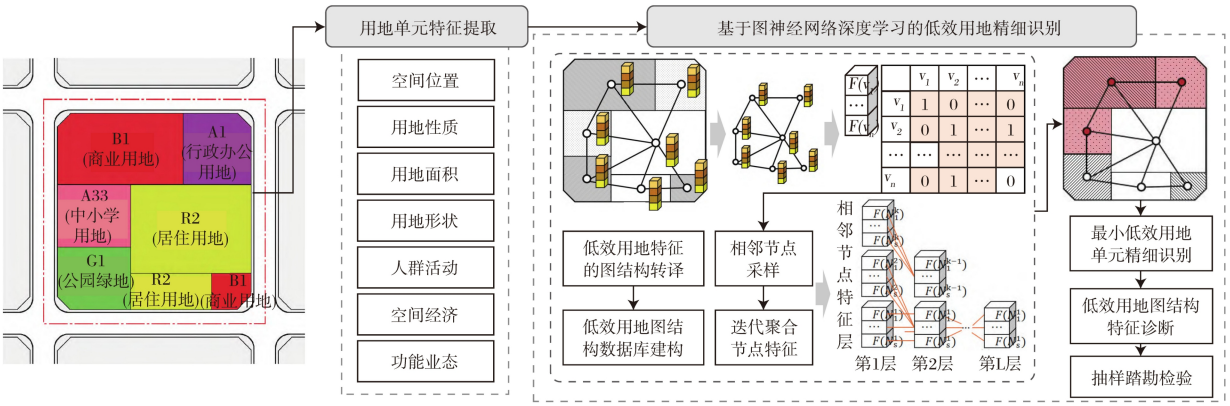
إن أصغر وحدة للتعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة هي وحدة الأرض المستقلة داخل الأرض الحضرية المختلطة. وفي الواقع، غالبا ما ينشأ انخفاض الكفاءة في المناطق المركزية من الصراعات والتناقضات بين وحدات الأرض الداخلية، بما يشمل عدم معقولية عناصر "الإنسان-الأرض-الصناعة" في كل وحدة، وعدم معقولية بنية التخطيط بين الوحدات. وتستطيع نماذج الشبكات العصبية الرسومية (GNN) استخراج خصائص عالية المستوى من بيانات ذات بنية رسم بياني غير منتظمة تتكون من عقد وحواف، ثم تصنيف العقد تلقائيا. وقد أثبتت إمكاناتها في مسائل تصنيف متعددة [25-26]، لذلك تنقلها هذه الدراسة إلى تصنيف أصغر وحدات الأرض منخفضة الكفاءة والتعرف إليها.

استنادا إلى الأراضي منخفضة الكفاءة التي حصلت عليها الجولة الثانية المحسنة، تستخرج خصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة" لأصغر وحدات الأرض الداخلية. وتستخدم خصائص كل وحدة بوصفها خصائص للعقد، فيما تستخدم العلاقات المكانية بين وحدات الأرض بوصفها حوافا، لبناء قاعدة بيانات ذات بنية رسم بياني لوحدات الأرض الحضرية. وتختار الدراسة نموذج الالتفاف في المجال المكاني GraphSAGE، الأنسب لتعلم التصنيف، لتدريب البيانات [27]، بحيث يستطيع النموذج أن يصنف تلقائيا العقد منخفضة الكفاءة داخل بنية الرسم البياني للأراضي الحضرية. وتمثل أداء النموذج في تصنيف العقد بمؤشرين: الدقة (Accuracy) ودرجة F1 (المتوسط التوافقي)، وتحسبان كما يلي:

$$Accuracy = TP / (TP + FP)$$

$$F1 = 2TP / (2TP + FP + FN)$$

حيث تمثل `TP` عدد القطع منخفضة الكفاءة التي تنبأ بها النموذج بشكل صحيح، وتمثل `FP` عدد العينات السلبية التي تنبأ بها خطأ على أنها منخفضة الكفاءة، وتمثل `FN` عدد القطع منخفضة الكفاءة التي أغفل النموذج التعرف إليها. كما يمكن لنتائج التصنيف التي يخرجها النموذج أن تكشف مجموعات وحدات الأرض ذات الكفاءة المنخفضة نسبيا، بما يدعم تحليلا أعمق للآليات الداخلية للأرض منخفضة الكفاءة (الشكل 5).



الشكل 5 نموذج التعرف الدقيق إلى أصغر وحدة من وحدات الأراضي منخفضة الكفاءة

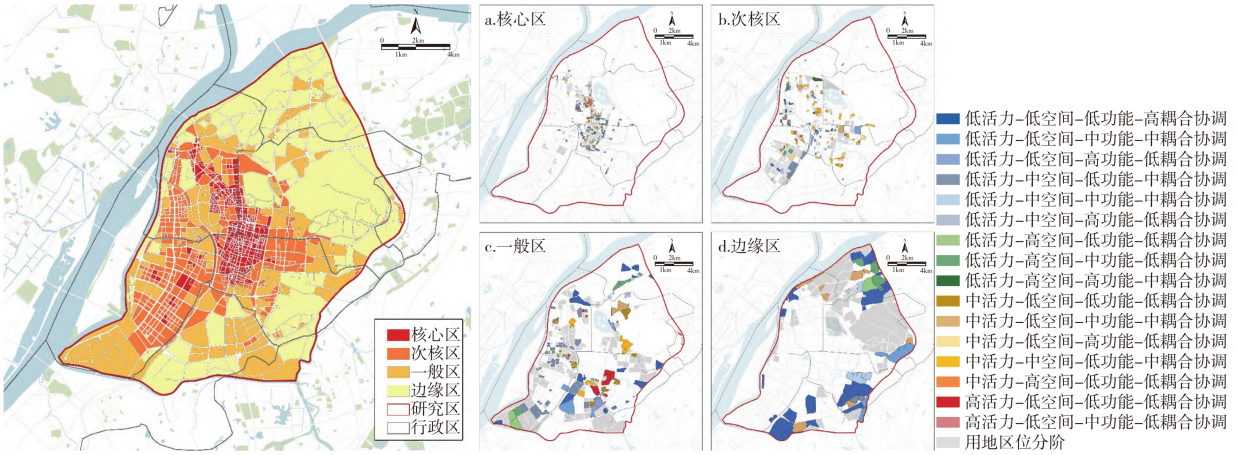
4 التعرف الذكي المتدرج إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة وتحليل خصائصها وآلياتها

4.1 التعرف الأولي في الجولة الأولى بناء على تركيبات الخصائص الهرمية

تعتمد الجولة الأولى من التعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة على حساب مؤشرات الخصائص في نموذج تدرج الموقع ونموذج التنسيق الاقتراني لـ"الإنسان-الأرض-الصناعة". ويتم التعرف الأولي إلى الأراضي منخفضة الكفاءة عبر تركيبات الخصائص بعد تصنيف مؤشرات الأرض إلى مستويات. وعلى مستوى الطريقة، تقاس أولا الخصائص الموقعية للأراضي الحضرية في المنطقة المركزية

في نانجينغ. ونظرا إلى الاختلاف الكبير في مستوى تطوير واستخدام الأراضي الحضرية في المواقع المختلفة، تقسم عتبات الموقع في المنطقة المركزية إلى أربعة مستويات: المنطقة الأساسية، والمنطقة شبه الأساسية، والمنطقة العامة، والمنطقة الطرفية [الشكل 6(أ)].

وبما أن كفاءة استخدام الأراضي في مستويات موقعية مختلفة لا تكون قابلة للمقارنة المباشرة، فإن التعرف الأولي إلى الأراضي منخفضة الكفاءة يحتاج إلى مقارنة أفقية لخصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة" داخل المستوى الموقعي نفسه. ومن خلال قياس خصائص أنشطة السكان، والاقتصاد المكاني، والوظائف/الصناعات، تقسم الخصائص الكمية لـ"الإنسان-الأرض-الصناعة" إلى عتبات عالية ومتوسطة ومنخفضة داخل كل مستوى موقعي. ثم تقاس درجة التنسيق الاقتراني بين النظم. ووفقا للتوزيع الفعلي للبيانات، تصنف الأراضي ذات التنسيق الأساسي والمتوسط والعالي ضمن نوع التنسيق الاقتراني العالي. وبناء على ذلك، ومن خلال تركيبات الخصائص الهرمية لمؤشرات "الإنسان-الأرض-الصناعة"، تعرفت الدراسة أوليا إلى 267 قطعة من الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة ضمن 16 نوعا في مستويات موقعية مختلفة [الشكل 6(أ) و6(ب)]. ونظرا إلى أن نانجينغ لم تصدر بعد وثيقة رسمية لتحديد الأراضي منخفضة الكفاءة، فإن نتائج هذه الدراسة يمكن أن توفر مرجعا للأعمال ذات الصلة. وتظهر مقارنة نتائج التعرف مع وحدات التجديد المحددة في خطة عمل التجديد الحضري في نانجينغ (2024-2026) درجة عالية من التراكب المكاني، بما يؤكد صلاحية النتائج إلى حد معين.



（a）低效用地的圈层分阶　　（b）低效用地“人地业”特征空间分布

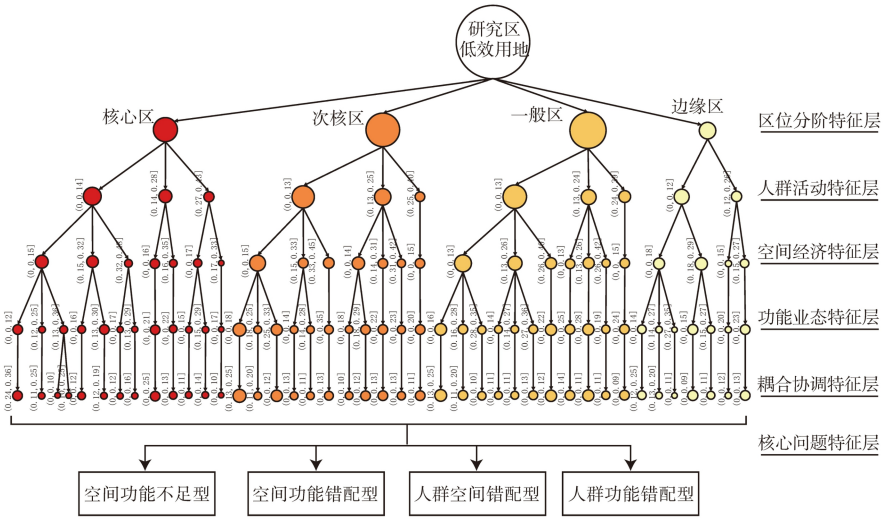
الشكل 6 التعرف الأولي إلى الأراضي منخفضة الكفاءة في الجولة الأولى بناء على تركيبات الخصائص الهرمية

4.2 التعرف المحسن في الجولة الثانية بناء على تجميع الخصائص متعددة الأبعاد

تختلف الجولة الثانية عن الجولة الأولى في أنها تجري تجميعا هرميا على أصغر طبقات الخصائص الفرعية لكتل الأرض الحضرية، ثم تستخدم نتائج التجميع الهرمي لهذه الطبقات الفرعية بوصفها مكملا ومحسنا لنتائج التصنيف بالعتبات في الجولة الأولى. وتستطيع نتائج التجميع الهرمي بالخوارزميات الذكية أن تعوض ما أغفله التعرف الأولي من بنية هرمية وروابط داخلية بين فئات الأراضي منخفضة الكفاءة، كما أن ارتفاع المسافات في شجرة التجميع يساعد على تحسين عتبات تقسيم الأراضي منخفضة الكفاءة.

وعلى مستوى الطريقة، تعالج بيانات خصائص الأرض أولا عبر توسيع درجة التردد، ثم تنظر إلى كل بيانات خاصية بوصفها فئة أساسية، وتحسب المسافة الموزونة بين الفئات، وتدمج الفئتين ذواتي المسافة الدنيا في فئة جديدة، ثم تنشئ مركزا جديدا للفئة وتحسب المسافة الموزونة بينها وبين الفئات الأخرى، وتواصل الدمج إلى أن تتجمع كل الفئات في فئة واحدة، لينتج في النهاية تجميع خصائص الأرض.

وبالاقتران مع نتائج التعرف الأولي في الجولة الأولى، تستخرج الدراسة، عبر مقاطع أفقية في مواضع مختلفة من شجرة التجميع، عناقيد تتوافق مع خصائص الأراضي منخفضة الكفاءة، وتدمجها مع النتائج الأولية لتشكيل شجرة تجميع طيفية للأراضي منخفضة الكفاءة. ويمثل حجم كل عقدة عدد الأراضي منخفضة الكفاءة، فيما تحمل كل عقدة المجال العددي المحدد لتلك الطبقة من الخصائص. وبحسب أنواع المشكلات الجوهرية في خصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة" على مستوى الكتلة الأرضية، تدمج العناقيد النموذجية في الطيف الشجري وتتعرف إليها، لتبني طيفا رقميا كاملا للأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة (الشكل 7).

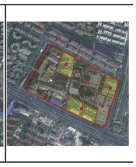
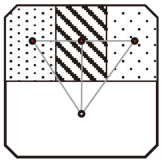
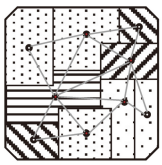
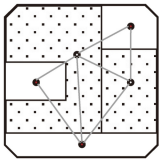


الشكل 7 التعرف المحسن في الجولة الثانية إلى الأراضي منخفضة الكفاءة ضمن الطيف الرقمي للخصائص

4.3 التعرف الدقيق في الجولة الثالثة بناء على التعلم العميق لبنية الرسم البياني

تكمن الآلية الداخلية لانخفاض كفاءة الأرض الحضرية في سوء المواءمة البنيوية بين عناصر "الإنسان-الأرض-الصناعة" في أصغر وحدات الأرض الداخلية. لذلك تركز الجولة الثالثة من التعرف الدقيق على الأراضي منخفضة الكفاءة ذات التركيب الداخلي المختلط والمتعدد. أولا، تستخرج خصائص "الإنسان-الأرض-الصناعة" لأصغر وحدات الأرض داخل الأراضي منخفضة الكفاءة، وتترجم إلى بيانات نقطية. ثم تترجم العلاقات المكانية بين وحدات الأراضي منخفضة الكفاءة المتجاورة إلى خطوط اتصال بين العقد، وبذلك تبنى قاعدة بيانات ذات بنية رسم بياني للخصائص الداخلية للأراضي منخفضة الكفاءة في المنطقة المركزية في نانجينغ.

تختار الدراسة عشوائيا 30% من بيانات الرسم البياني لوحدات الأراضي منخفضة الكفاءة، وتوسم القطع الداخلية منخفضة الكفاءة نسبيا عبر مسح ميداني مقترن بتشخيص مخططين متخصصين، ثم تدرب نموذج GraphSAGE على قاعدة البيانات. وبعد التدريب بلغت دقة النموذج 86.7%، وبلغت درجة F1 مقدار 85.2%. وتستخدم الدراسة النموذج المدرب لتصنيف العقد منخفضة الكفاءة في مجموعة البيانات كلها، فتخرج العقد منخفضة الكفاءة داخل الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة في المنطقة المركزية في نانجينغ. ثم تصنف النتائج وتلخص، وتستخرج أربعة أنماط نموذجية للآلية الداخلية للأراضي منخفضة الكفاءة (الجدول 3).

内在机理	空间封闭型			功能抵触型		
案例用地						
图结构机理	低效用地单元通常为图结构中心的居住用地单元，外围用地单元导致其内部封闭			低效用地单元通常为相连的若干不同功能类型的用地单元，耦合协调度低导致整体低效		
机理模式						
内在机理	畸零分割型			闲置短板型		
案例用地						
图结构机理	图结构中大部分节点均为低效用地单元，内部用地单元过多且边界不规则导致整体效率不高			低效用地单元通常为图结构边缘不相邻的节点，用地闲置导致整体利用效率不高		
机理模式						

الجدول 3 التعرف التفصيلي إلى بنية الرسم البياني لأربعة أنواع نموذجية من الأراضي منخفضة الكفاءة

تشمل الأنماط النموذجية الأربعة: نمط الانغلاق المكاني، وفيه تكون وحدة الأرض منخفضة الكفاءة غالبا وحدة سكنية تقع في مركز بنية الرسم البياني وتسبب الوحدات المحيطة بها انغلاقا داخليا؛ ونمط التعارض الوظيفي، وفيه تكون وحدات أرضية متجاورة ذات وظائف مختلفة في حالة تنسيق اقتراني منخفض بما يخفض الكفاءة الكلية؛ ونمط التجزؤ غير المنتظم، وفيه تكون أغلب العقد في الرسم وحدات منخفضة الكفاءة، وتؤدي كثرة الوحدات وحدودها غير المنتظمة إلى انخفاض الكفاءة العامة؛ ونمط العجز الناتج عن الخمول، وفيه تكون الوحدات منخفضة الكفاءة عادة عقدا طرفية غير متجاورة يؤدي خمولها إلى خفض كفاءة الاستخدام الكلية.

ومن خلال الجولات الثلاث للتعرف الذكي المتدرج، تصل دقة التعرف إلى خصائص البنية الداخلية على مستوى أصغر وحدات الأرض. وفي الوقت نفسه تكشف العملية آليات سوء المواءمة البنيوية الداخلية في مساحات كبيرة من الأراضي منخفضة الكفاءة ذات الوظائف المختلطة في المنطقة المركزية في نانجينغ. ويشمل ذلك سوء مواءمة العناصر المكونة داخل الأرض، بما يكشف عدم عقلانية توزيع عناصر "الإنسان-الأرض-الصناعة" داخل الأراضي منخفضة الكفاءة، وسوء مواءمة بنية التخطيط المكاني الداخلي، بما يكشف صراعات التخطيط المكاني بين أصغر وحدات الأرض.

4.4 تحليل خصائص وآليات الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة بناء على التعرف الذكي المتدرج

استنادا إلى التعرف الذكي المتدرج إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة في المنطقة المركزية في نانجينغ، تلخص الدراسة ثلاث خصائص جوهرية لهذه الأراضي، وتفسر آليات تشكلها من ثلاثة مستويات: التوزيع المكاني الكلي، وبنية الخصائص الجوهرية، والبنية الداخلية النموذجية.

أولا، تظهر الأراضي منخفضة الكفاءة فروقا حلقية في التوزيع المكاني. وتعني "الفروق الحلقية" أن الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة لها خصائص توزيع مكاني مختلفة في مستويات موقعية مختلفة. ففي المنطقة الأساسية للمركز الحضري تقع أغلب الأراضي منخفضة الكفاءة في "مناطق الظل" داخل مركز المدينة. وفي المنطقة شبه الأساسية تنتشر نقطيا في نسيج الأرض الحضرية من غير تجمع مكاني واضح. وفي المنطقة العامة تظهر خصائص عنقودية وتتركز حول عقد حضرية محددة. أما في المنطقة الطرفية فتتركز متصلة في

مناطق متأخرة التطور، مشكلة نمطا "كتليا" في الفضاء. ويعود ذلك إلى اختلاف مستويات التنمية الاجتماعية والاقتصادية بوضوح بين المستويات الموقعية المختلفة.

ثانيا، يظهر الطيف الرقمي للأراضي منخفضة الكفاءة عناقيد شجرية. ويقصد بـ"العناقيد الشجرية" أن طيف الخصائص الرقمية للأراضي منخفضة الكفاءة يظهر بنية تفاضل شجرية، وأن فروع الخصائص المندمجة تشكل أربعة عناقيد خصائص رئيسية. وتبين هذه العناقيد الأربعة أن النظم الفرعية لـ"الإنسان-الأرض-الصناعة" داخل الأراضي منخفضة الكفاءة في حالة تنسيق اقتراني منخفض. غير أن هذه الحالة من عدم الكفاءة يصعب تعديلها من خلال دافع تجديد القطعة نفسها، فتظل الأرض الحضرية في حالة منخفضة الكفاءة وساكنة نسبيا بين نظم "الإنسان-الأرض-الصناعة".

ثالثا، تكشف البنية الداخلية للأراضي منخفضة الكفاءة عن انسداد ناتج عن سوء المواءمة. ويعني ذلك أن سوء مواءمة تركيب عناصر "الإنسان-الأرض-الصناعة" في أصغر وحدات الأرض الداخلية، وسوء مواءمة بنيتها المكانية، يؤديان إلى انسداد تدفق عناصر الموارد داخل شبكة بنية استخدام الأرض. ويشمل ذلك أربعة أنواع نموذجية موضحة في الجدول 3. وينشأ هذا الوضع بسبب التأخر الحتمي في تخطيط استخدام الأرض الحضرية؛ فالتعارض بين خطط استخدام الأرض الموضوعة في الماضي وطلبات الاستخدام الحالية خلق داخل كثير من الأراضي حالة منخفضة الكفاءة ذات بنية غير معقولة.

5 مناقشة الاستجابة التخطيطية والخلاصة

5.1 مناقشة الاستجابة التخطيطية

يعد التعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة وإعادة استخدامها أمرا حاسما لدفع التنمية الحضرية المستدامة. غير أن إعادة الاستخدام، بسبب ما تنطوي عليه من تعدد في السلطات المختصة وموازنة بين مصالح فاعلين مختلفين، لا تنفصل عن الدور المركزي للتخطيط الحضري في تنسيق الموارد العامة الحضرية وتوزيعها. لذلك تناقش هذه الدراسة الاستجابة التخطيطية لإعادة استخدام الأراضي منخفضة الكفاءة من ثلاثة مستويات: التوجيه الكلي، والتحسين المكاني، والتصميم المؤسسي.

أولا، ينبغي تقديم توجيه مقسم ومصنف ومرتب على المستوى الكلي. فاستنادا إلى المستويات الموقعية المختلفة التي كشفها التعرف إلى الأراضي منخفضة الكفاءة، ينبغي صياغة توجيهات إعادة تطوير متدرجة ومصنفة للأراضي منخفضة الكفاءة في المنطقة الأساسية، والمنطقة شبه الأساسية، والمنطقة العامة، والمنطقة الطرفية كل على حدة [28]. وعلى مستوى التصنيف والتدرج التفصيلي، ينبغي بناء قاعدة بيانات للأراضي منخفضة الكفاءة اعتمادا على الطيف الرقمي لخصائصها، وتقييم إمكانات رفع الكفاءة وترتيبها، وفي الوقت نفسه توجيه أساليب التحسين تمييزيا بحسب نوع الخصائص [29].

ثانيا، ينبغي إجراء تعديلات بنيوية دقيقة على المستوى المجهري. يمكن لنتائج التعرف الدقيق في الجولة الثالثة أن توجه مباشرة التعديل البنيوي لأصغر وحدات الأرض داخل كتل الأراضي منخفضة الكفاءة. ويشمل ذلك تعديل البنية الوظيفية، وتعديل التخطيط المكاني لوحدات الأرض عبر تعديل الحدود أو التقسيم أو الدمج وغيرها من الأساليب [30]. وفي الوقت نفسه ينبغي تفعيل الدور الحاسم للتصميم الحضري في تشكيل الفضاء على المستوى المجهري، بما يعزز إحياء الأراضي منخفضة الكفاءة ورفع جودتها [31].

ثالثا، ينبغي إنشاء آلية متنوعة ومرنة لتجديد الأراضي منخفضة الكفاءة. إن تنفيذ إعادة استخدام هذه الأراضي يحتاج أيضا إلى حل مشكلات التمويل في عملية التجديد [32]. ومن خلال تصميم مؤسسي يبتكر آليات التمويل وينوع قنوات الاستثمار، يمكن للمدن أن تولد تدفقات نقدية جديدة وزيادات في قيمة الأرض. فعلى سبيل المثال، نفذت مدينة قوبينغ استكشافا في مجال الأراضي منخفضة الكفاءة تحت مسمى "التحولات الحضرية الثلاثة"، يسمح لرأس المال الاجتماعي والمواطنين بالمشاركة العميقة، بحيث يصبح المستثمرون الاجتماعيون والمواطنون والحكومة معا مجددين ومشغلين ومديرين للأراضي منخفضة الكفاءة.

5.2 الخلاصة والتأمل

تطرح هذه المقالة طريقة تعرف ذكية متدرجة من منظور تآزر "الإنسان-الأرض-الصناعة"، لتحقيق تعرف ذكي ودقيق ومتعدد المقاييس إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة. ومن خلال ثلاث جولات من التعرف المتدرج، عمقت الدراسة فهم الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة الراهنة طبقة بعد أخرى، من النظام الكلي إلى الآلية المجهرية، وقدمت أساسا لاتخاذ القرار في الاستجابة التخطيطية والحوكمة الدقيقة لهذه الأراضي.

ومع ذلك، فإن التنمية الحضرية غير المتوازنة والمساومات الداخلية محكوم عليها بأن تنتج بعض الأراضي منخفضة الكفاءة نسبيا. ومع ارتفاع مستوى المدينة ستزداد المتطلبات المتعلقة بالمنافع الشاملة للأراضي في المناطق الأساسية، وستحتاج أنماط استخدام الأرض إلى تحول وترقية مستمرين. لذلك ينبغي تعديل التعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة ديناميكيا بحسب تغير التنمية الحضرية. كما أن دمج البيانات الكبيرة والصغيرة متعددة الأبعاد عن الجوانب الاجتماعية والاقتصادية وغيرها في الأراضي الحضرية عالية الكثافة على نحو علمي وفعال يمثل تحديا رئيسيا. إضافة إلى ذلك، ما زالت طرق الحوكمة التخطيطية الأكثر علمية وعملية للأراضي

منخفضة الكفاءة تحتاج إلى بحوث لاحقة. ومن ثم فإن طريقة التعرف الذكي المتدرج التي تقترحها هذه الدراسة لا تهدف فقط إلى استكشاف التعرف إلى الأراضي منخفضة الكفاءة داخل الأراضي المختلطة عالية الكثافة في المناطق المركزية، بل تأمل أيضا أن تقدم أفكارا ومراجع لابتكار طرائق التعرف إلى الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة مستقبلا، وأن تدفع التنمية عالية الجودة للأراضي الحضرية.

المراجع

[1] لين جيان، يه تسيجون، يانغ هونغ. تأملات حول إعادة تطوير الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة في عصر التخطيط القائم على المخزون [J]. علوم الأراضي في الصين، 2019، 33(9): 1–8.

[2] تشاو يانجينغ. التحضر 2.0 وتحول التخطيط: تفسير قائم على نموذج من مرحلتين [J]. التخطيط الحضري، 2017، 41(3): 84–93.

[3] وانغ شيفو، يي تشيكانغ، تشانغ شياويانغ. تأملات وآفاق حول تحول التجديد الحضري في الصين [J]. منتدى التخطيط الحضري، 2023(1): 20–25.

[4] تشاو قوانغيينغ، سونغ جوسينغ. تحسين منهج قياس خلط وظائف استخدام الأراضي الحضرية [J]. منتدى التخطيط الحضري، 2022(1): 51–58.

[5] تشن يانلين، تشو سي تشنغ، تشن يوجي. مسارات وآليات تجديد الأراضي الصناعية منخفضة الكفاءة في ظل ترشيد الاستخدام المكثف: دراسة حالة منطقة تشنغبي في جياشينغ [J]. دراسات التنمية الحضرية، 2023، 30(11): 9–15.

[6] لي كاي لون، وانغ شينغ بينغ. تحديد وإدارة الأراضي غير المستغلة في المناطق الصناعية: دراسة حالة نانجينغ [J]. منتدى التخطيط الحضري، 2024(4): 76–83.

[7] يانغ شاومين، لي زيهوا. مناقشة أنواع ومعايير تحديد الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة [J]. اقتصاديات الأراضي والموارد في الصين، 2021، 34(2): 42–48.

[8] وانغ دان، فانغ بين، تشن تشنغ فو. قياس الكفاءة الاقتصادية للأراضي الحضرية وتشخيص الأراضي منخفضة الكفاءة بناءً على نظرية الآثار الخارجية: حالة مدينة يانغتشو [J]. علوم الأراضي في الصين، 2018، 32(6): 61–67.

[9] تانغ شي تشينغ، تشو تشن تشو، لي فنغ تشون. دراسة ميدانية وتأملات حول إعادة تطوير الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة [J]. الصين للأراضي، 2018(8): 38–40.

[10] لين هاي يوان، جين جيه. النمط المكاني والعوامل المؤثرة للأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة: دراسة حالة وسط مدينة كونمينغ [J/OL]. معلوماتية الموارد الطبيعية. (2024-11-08) [2025-08-08]. https://link.cnki.net/urlid/11.xxxx.2024.11.001.

[11] ليو شينغ جون، تشاو جيا شينغ، ماي تينغ فنغ، وآخرون. تحديد وتجديد متكامل للأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة: دراسة حالة منطقة شينخه في شنيانغ [J]. العمارة في وسط الصين، 2022، 40(4): 117–121.

[12] جين آر، هوانغ سي، وانغ بي، وآخرون. تحديد الأراضي الحضرية منخفضة الكفاءة لإعادة التطوير الحضري مع مراعاة تمايز استخدام الأراضي 2023 ،Land .[J]، 12(10): 1957.

[13] كوروسو إن إتش، زيفنبرغن ج أ، لينغويبوني إم. كفاءة استخدام الأراضي الحضرية في إثيوبيا: تقييم استدامة استخدام الأراضي في أديس أبابا [J]. سياسة استخدام الأراضي، 2020، 99: 105081.

[14] فان بنغفي، فنغ شو يي، سو مين، وآخرون. تباين كفاءة استخدام الأراضي الحضرية حسب الوظائف الحضرية والعوامل الدافعة بناءً على المخرجات غير المرغوبة [J]. علوم الموارد، 2018، 40(5): 946–957.

[15] جيانغ شياو هوي. المنطق الثلاثي لظهور الانكماش الحضري الناتج عن عدم التوافق المكاني: الإزاحة المؤسسية، مفارقة السياسات، وعدم التوازن السلوكي [J]. الجغرافيا البشرية، 2021، 36(6): 87–95.

[16] يانغ جون يان، ما بن. الخصائص الشكلية وآليات مناطق الظل الحضرية: دراسة تجريبية لشنغهاي باستخدام بيانات متعددة "الإنسان–الأرض–الصناعة" [J]. التخطيط الحضري، 2019، 43(9): 95–106.

[17] تشين شياو، تشانغ يي مينغ، تشن فنغ، وآخرون. تقييم الإحساس بالأمان الحضري واستراتيجيات التحسين باستخدام البيانات الضخمة متعددة المصادر: حالة وسط مدينة نانجينغ [J]. دراسات الجغرافيا العالمية، 2024، 33(9): 118–132.

[18] أويانغ شياو، تشو شيانغ، هي تشينغ يون. دراسة توسع استخدام الأراضي الحضرية في حزام تشانغ-تشو-تان بناءً على ظروف الموقع المكاني [J]. الجغرافيا الاقتصادية، 2020، 40(5): 183–190.

[19] هوانغ دنغ كاي، ليو يه، تشو بي لينغ. تحليل تلوي للعلاقة بين البيئة المبنية والنشاط البدني المرتبط بالحركة باستخدام

المعلومات الجغرافية التطوعية [J]. هندسة المناظر الطبيعية، 2024، 31(4): 12–20.
[20] ليو ج، جين إكس، شو دبليو، وآخرون. إطار جديد لكفاءة استخدام الأراضي من أجل التنسيق بين الغذاء والاقتصاد والبيئة في التنمية الإقليمية [J]. العلوم البيئية الشاملة، 2020، 710: 135670.
[21] فنغ دونغ هاي، شين تشينغ جي. تأملات حول تحسين البيئة البيئية في شنغهاي بناءً على تحليل الارتباط والتكامل [J]. منتدى التخطيط الحضري، 2015(6): 75–83.
[22] تشو إتش، وو إكس، نيي إتش، وآخرون. تحليل التنسيق والتشابك وتحديد العوامل العائقة لوظائف المعيشة–الإنتاج–البيئة في منطقة انتقالية زراعية رعوية [J]. المؤشرات البيئية، 2024، 158: 111398.
[23] يو دبليو. طريقة قائمة على الشكلية الرياضية للتجميع الهرمي للنقاط المكانية على شبكات الشوارع [J]. الحوسبة الناعمة التطبيقية، 2019، 85: 105785.
[24] تشانغ كيو، وو زد، قوه جي، وآخرون. التباين المكاني الواضح لفيضانات المدن والعوامل المؤثرة: نموذج التحليل العنقودي التدريجي والتحليل الهرمي [J]. العلوم البيئية الشاملة، 2021، 763: 143041.
[25] تشانغ إكس، ليو إكس، تشن كيه، وآخرون. استنتاج وظيفة المباني: شبكة عصبية واعية جغرافيًا لتصنيف وظائف المباني على مستوى المبنى [J]. المدن والمجتمع المستدام، 2023، 89: 104349.
[26] يانغ إم، كونغ بي، دانغ آر، وآخرون. تصنيف المناطق الوظيفية الحضرية من خلال دمج المباني ونقاط الاهتمام باستخدام أسلوب التجميع المكدس [J]. مجلة الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، 2022، 108: 102753.
[27] فيليشكوفيتش ب، كوكورول غ، كاسانوفا أ، وآخرون. شبكات الانتباه البيانية [C/OL] // مؤتمر التمثيلات التعليمية الدولية السادس (ICLR). فانكوفر، كندا: ICLR، 2018. https://openreview.net/forum?id=rJXMpikCZ.
[28] قوان وي هوا، يه بين، هي ليو. تطور التخطيط الحضري والريفي في نانجينغ خلال 40 عامًا من الإصلاح والانفتاح: تكامل مبتكر للتخطيط المكاني الإقليمي في العصر الجديد [J]. منتدى التخطيط الحضري، 2019(5): 32–41.
[29] تشاو مياو شي، لين سي يي، تسن شياو شوان. الفراغ المكاني الحضري الناتج عن تغير الشركات ونماذج التدخل التخطيطي [J]. منتدى التخطيط الحضري، 2023(3): 75–84.
[30] يي شياو شيانغ، وانغ شو يو، تشانغ هاو بينغ، وآخرون. تحديات وحلول استخدام الأراضي الحضرية في ظل انكماش السكان: دراسة حالة شمال شرق الصين [J]. منتدى التخطيط الحضري، 2023(6): 68–78.
[31] شيا تشينغ، يه فانغ فانغ، وانغ نينغ. ممارسة التصميم الحضري الشامل للمناطق القائمة في إطار تخطيط الفضاء الإقليمي: حالة منطقة لونغهوا في شنتشن [J]. منتدى التخطيط الحضري، 2022(ملحق 1): 127–135.
[32] تشاو يانجينغ. القضايا المالية في التجديد الحضري [J]. التخطيط الحضري الدولي، 2023، 38(1): 19–27.

الترجمة بمساعدة منظمة العفو الدولية